ISTRAŽIVAČKA STANICA PETNICA

PETNIČKE SVESKE

BROJ 5

POPULARNA ASTRONOMIJA

B.A.Voroncov-Veljaminov

PRIČA O SATURNOVIM PRSTENOVIMA

Valjevo, avgust 1987.

Meteoridi[1] Suncevog sistema nisu samo one cestice koje padaju na nasu planetu i u njoj izazivaju pojave koje nazivamo *meteorima*, nego, izmedju ostalog, stalno kruze oko dalekog Saturna.

Mozemo slobodno reci da je poznati tanki prsten koji okruzuje Saturn ukras ne samo ove planete, vec i citavog Suncevog sistema. Coveku koji prvi put pogleda kroz teleskop to je, posle Meseca, prakticno najinteresantniji prizor. Za taj prizor i mi i Saturn dugujemo meteoridima.

Ipak, bilo je potrebno vise od dva stoleca da bi se odgonetnula priroda ove jedinstvene[2] i izuzetne tvorevine u nasem Suncevom sistemu.

Galilej[3], koji je svoj teleskop usmeravao cas na jedno cas na drugo nebesko telo, i skoro svaki put otkrivao po nesto neocekivano sto se nije uklapalo u okvire Ptolomejevih i srednjevekovnih predstava o Vasioni, bio je veoma zbunjen Saturnovim "ponasanjem". Kroz svoj primitivni teleskop koji nije davao jasne likove i cije je uvecanje iznosilo svega trideset puta, Galilej je na saturnovim stranama video nesto kao dodatke. A sta su ti dodaci, on nikako nije uspevao da razazna. U stvari, Galilej je video "usice" prstena, tj. delove prstena i tamne oblasti koje su odvajale prsten od planete. Te tamne oblasti navele su Galileja na pomisao da se pored Saturna nalaze dve manje planete, nesto kao sateliti. On je do tada vec bio otkrio cetiri satelita koji cine Jupiterovu "svitu". Mozda nesto slicno, verovatno ima i Saturn - mislio je Galilej, a da razazna prsten cije postojanje niko nije mogao ni da zamisli - jednostavo nije bilo moguce.

Koji naucnik, nalazeci se na pragu nekog velikog otkrica nije strepeo, razdiran dvostrukim osecanjem: ljubomornim ponosom i strahom da nece grubo

Meteoridi U originalnom clanku se koristi termin *meteoriti*. Ispravnije je koristiti termine *meteoridi* ili *meteoroidi* za cestice koje se krecu u medjuplanetarnom prostoru (termin koji se sve cesce koristi u novijoj literaturi), *Meteorima* se naziva proces "sagorevanja" meteorida u zemljinoj (i uopste u atmosferi planeta), Ostaci meteoroida koji ne uspeju u potpunosti da sagore u atmosferi padaju na povrsinu planete i nazivaju se *meteoriti*.

Podaci dobijeni sa kosmickih letelica (*Pionir 10* i *11* i *Vojadzer 1* i *2*, pokazali su da i Jupiter, Uran i Neptun, takodje imaju prstenove, samo su oni znatno slabiji od Saturnovih.

Ovo je prica o otkrivanju i istrazivanju prstenova planete Saturn. Pricu je napisao Voroncov-Veljaminov, a preuzeta je iz knjige "Ocerki o Vseljenoj"(*). Prevodu su dodate nove ilustracije i dopunska objasnjenja nekih pojmova . Tekst je namenjen ucenicima starijih razreda osnovnih skola - polaznicima Letnje naucne skole u Petnici, kao dopunska literatura.

* B.A.Voroncov-Veljaminov; Ocerki o Vseljenoj; "Nauka", Moskva 1976.

Galilei (*Galileo Galilei*) (1564-1642) Italijanski naucnik, predavac u Pizi, potom ziveo u Firenci i Padovi. Otkrio formulu za period oscilovanja klatna. Potom proucavao slobodan pad tela i opovrgao Aristotelovo misljenje da je ubrzanje u polju Zemljine teze proporcionalno masi tela. Pronasao teleskop koji mu je omogucio da otkrije Sunceve pege, kratere na Mesecu, Jupiterove satelite i Venerine faze.

pogresiti! Tako on, istovremeno, i hteo bi i ne bi, da da saopstenje o iznenadjujucoj novosti.

U Galilejevo doba naucnici su iz ovakvih situacija nalazili ovakav izlaz. Saopstavali su kratak sifrovan zapis o otkricu, koga sem autora, prakticno niko ne bi mogao da desifruje. Kada bi sa sigurnoscu potvrdio to otkrice, on bi desifrovao svoje prvobitno zagonetno saopstenje, zadrzavajuci na taj nacin svoj prioritet. Tom metodu pribegao je i Galilej i poblikovao sledeci sifrovan zapis, takozvani anagram:

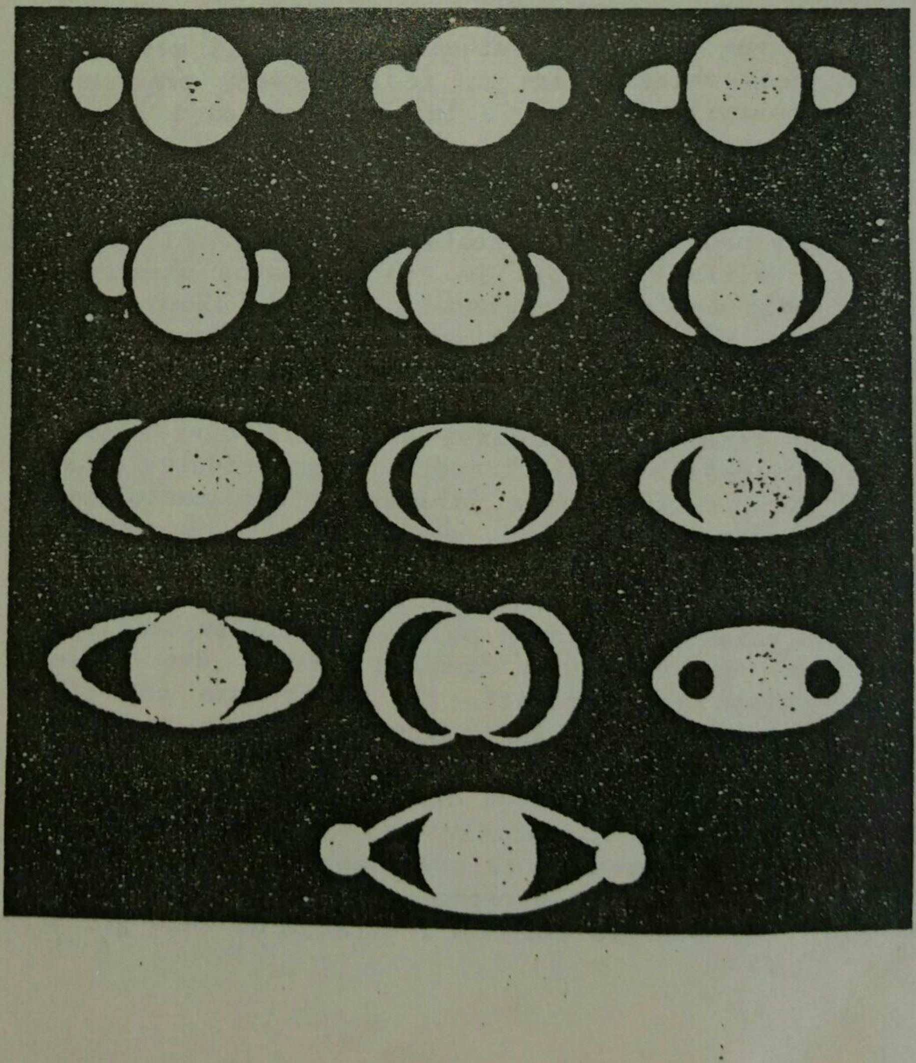
Smaismrmielmepoetaleumibuvnenugttaviras

Ova slova, permutovana na pravi nacin, cinila su frazu na latinskom jeziku (na kome su u to vreme uglavnom pisali svi naucnici), koja je u stvari bila saopstenje o Galilejevom otkricu.

Nestrpljivom treba strpljenja! Kome se zuri da sazna o otkricu, taj mora da permutuje ova slova sve dok ne dobije neku suvislu frazu! A ko garantuje da se iza tih reci ne krije sasvim drugo saopstenje?

Matematika nam omogucuje da oderedimo koliko je permutacija (sa ponavljanjem) moguce naciniti od ovih 39 slova. Broj tih permutacija iznosi

Stari crtezi Saturna
Za prve posmatrace koji su posmatrali teleskopom, Saturn je bio prava enigma. Prva teleskopska posmatranja Saturna vrsio je Galileo koji svojim instrumentom nije mogao da razazna prstenove. On je na osnovu svojih posmatranja verovaoda je Saturn trojna planeta.



$$\frac{39!}{5!3!2!2!5!2!4!2!3!3!4!}$$

koji ima 35 cifara! Usklicnik iza broja (*faktorijel*) oznacava proizvod svih celih brojeva od 1 do tog broja; na primer 39! znaci 1 x 2 x 3 x 4 x ... x 38 x 39.)

Ko bi se odlucio na to da desifruje ovaj zapis!? Ali Kepler(4), cuveni Galilejev savremenik i jedan od utemeljivaca savremene astronomije, ipak se odlucio. Proslavljena Keplerova strpljivost, bez koje on verovatno i ne bi otkrio svoje poznate zakone o kretanju planeta(5), bila je bez premca. I Kepler je (ispustivsi dva slova) ovako desifrovao Galilejev anagram:

Salve, umbistineum geminatum Martia proles.

U prevodu to bi znacilo:

Pozdravljam vas, blizanci, pleme Marsovo,

sto je bilo odraz Keplerovog ubedjenja da Mars mora da ima dva satelita, koje je otkrio Galilej.

Kepler je mislio da Mars, kao planeta koja se nalazi izmedju Zemlje sa jednim i Jupiterom sa cetiri (tada tek otkrivena) satelita mora da ima bas dva satelita. Kao sto je poznato kod Marsa su zbilja otkrivena dva satelita, ali tek dva i po veka kasnije, a Jupiter ih ima ne cetiri, vec 17, koliko je danas poznato.

Ispostavilo se da je Keplerov trud bio uzaludan. Kada je Galilej posle odredjenog vremena desifrovao anagram (prethodno izbacivsi dva slova koje je on ukljucio u svoj tajnopis da bi ga jos vise zakomplikovao), on je glasio:

Altissimum planetam tergeminum observavi,

odnosno,

Najvisu planetu trojnu sam posmatrao,

jer su Saturn, kao najudaljeniju od tada poznatih planeta nazivali "najvisa planeta". Galilej je alegoricno pisao jos i to da Saturna (koji je dobio ime u cast oronulog boga Vremena i Sudbine) sa strane pridrzavaju dve sluge...

Ali, avaj! Uskoro sluge napustise svoga starca, jer za nekoliko godina Galilej pored Saturna vise nije nista mogao da vidi, te je posumnjao u svoje otkrice. Stvar je bila u tome sto u odredjenim periodima tokom svog kretanja oko Sunca Saturn dolazi u takav polozaj da su mu prstenovi okrenuti svojom ivicom u odnosu na Zemlju. Tada se prsten ne moze videti ni kroz najjace teleskope, a nekoliko dana pre

<u>Kepler</u> [*Johannes Kepler*] (1571-1630) Nemacki astronom koji je 1609.g. dao teoriju da se planete krecu oko Sunca po elipsama u cijem se jednom fokusu nalazi Sunce. Bio asistent kod danskog astronoma Brahea [*Tycho Brahe*]. Po Braheovoj smrti koristio njegova posmatranja na osnovu kojih je formulisao tri osnovna zakona o kretanju planeta.

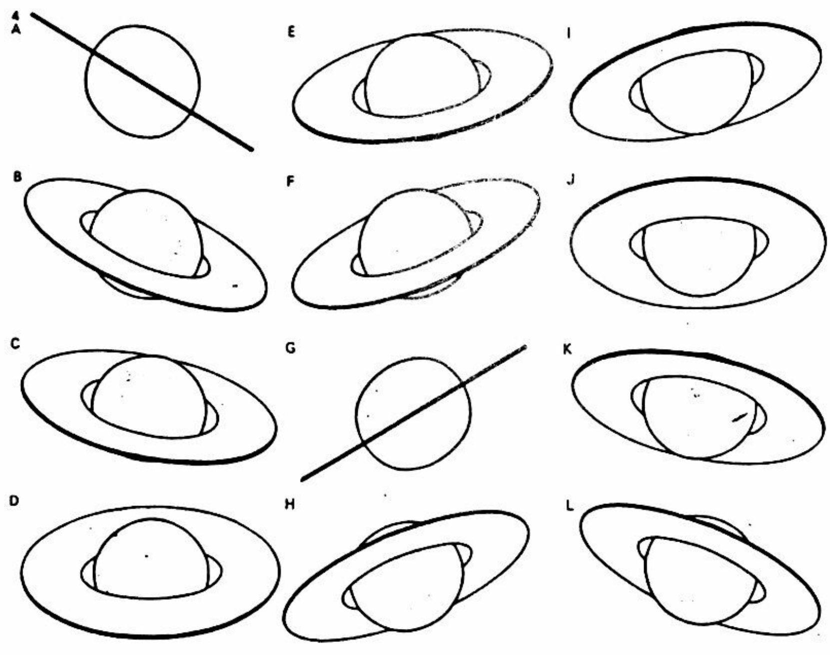
<u>Keplerovi zakoni</u> Tri zakona o kretanju planeta, koje je formulisao Kepler i objavio izmedju 1609. i 1618. g. <u>Prvi zakon</u> tvrdi da se planete krecu po elipsama u cijem se jednom fokusu nalazi Sunce; <u>drugi</u>-da za iste vremenske periode radius-vektor planete prebise iste povrsine; <u>treci</u> -da su kvadrati perioda obilaska planeta oko Sunca srazmerni kubovima velikih poluosa njihovih putanja.

"iscezavanja" on se vidi samo kao tanusna igla koja "probada" Saturnovu kuglu. Kroz teleskope srednje velicine, a tim pre kroz onakav kakav je Galilej imao prsten se uopste ne vidi; on, kako se kaze, iscezava.

Ovaj izraz "*iscezava*" vise puta je dovodio do nesporazuma i zabluda. Tako je, na primer, 1921. godine vise provincijskih novina donelo vest svojih revnosnih ali malo obavestenih dopisnika o tome da je Saturnov prsten iscezao, a neki su na svoju ruku jos dodavali: "...i njegovi delovi lete ka Zemlji. Preti sudar".

Saturnovi prstenovi "iscezavaju" svakih 15 godina i time nam nista ne uskracuju. Naprotiv, bas time kao da ispoljavaju ljubaznost, dozvoljavjuci nam da odredimo koliko su tanki. Pravilan model Saturnovog prstena cemo dobiti ako od najtanjeg papira isecemo prsten ciji je precnik 30 centimetara.

Godine 1966.Zemlja je tri puta presecala ravan prstena i on je "iscezavao", a dva puta se video sa svoje zatamnjene strane pri cemu je izgledao veoma uzan. Nesto slicno je bilo i 1980. godine. Ponekad se prsten "okrece licem", tako da se veoma lepo vidi, ali ga nikada ne mozemo videti potpuno pljostimice, tj. nikada sa Zemlje ne vidimo njihov kruzni oblik, kakav oni u stvari imaju.

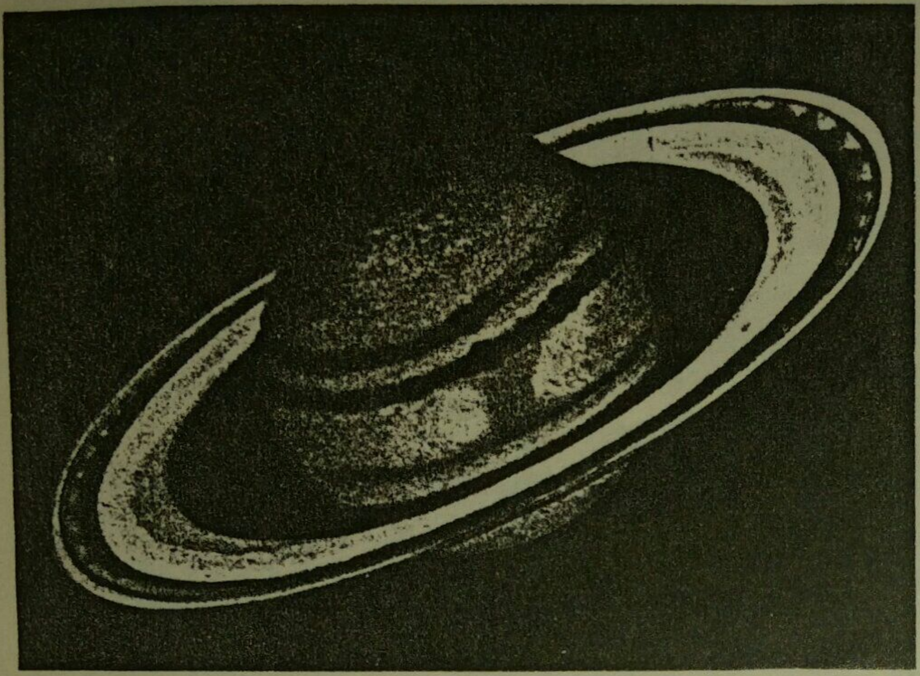


Promena izgleda Saturnovih prstenova u odnosu na posmatraca sa Zemlje, tokom njegovog 30-godisnjeg obilaska oko Sunca,

Prvi kome je poslo za rukom da razazna Saturnov prsten i objasni promenu njegovog izglega bio je holandski naucnik Hajgens(6) i to pedesetak godina posle Galileja. Ali i on je, kao i Galilej poceo sa publikovanjem anagrama

Aaaaaaa, ccccc, d, eeeee, g, h, iiiiiii, llll, mm, nnnnnnnnn, oooo, pp, q, rr, s, ttttt, uuuuu

<u>Hajgens</u> [*Christiaan Huygens*],(1629,-95,) Danski fizicar i astronom, Poznat, izmedju ostalog, po svojoj talasnoj teoriji svetlosti (Hajgensov princip) i izradi casovnika sa klqatnom, Prvi razaznao Saturnove prstenove,



Crtez Saturna dobijen na osnovu teleskopskih posmatranja, Jasno se nazire osnovna struktura prstenova,

i tek posle tri godine, posto se konacno uverio u ispravnost svojih prvobitnih zakljucaka, saopstio je znacenje ove tajanstvene gomile slova:

Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato,

ili

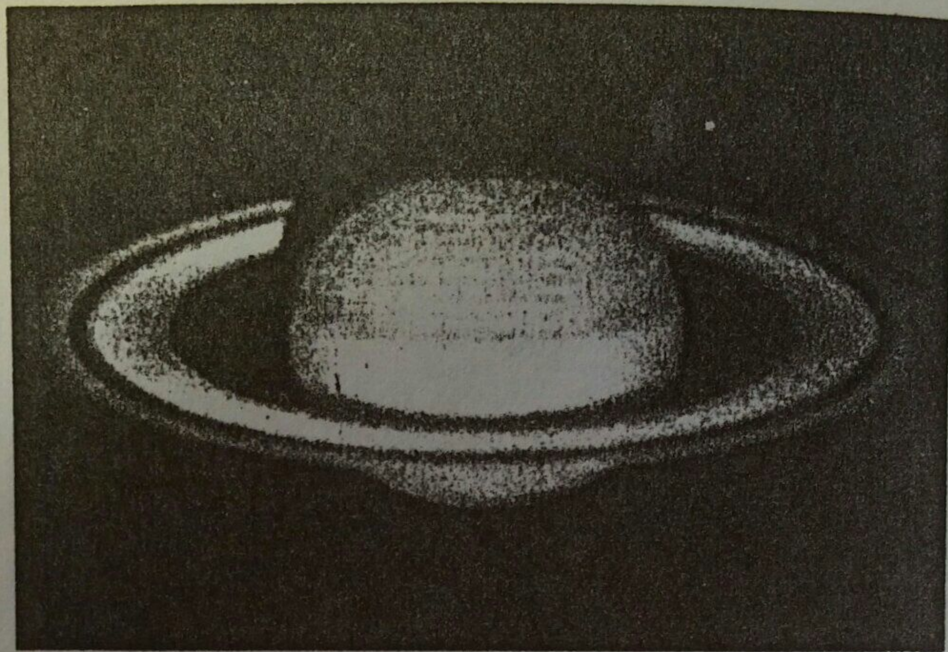
Prstenom je okruzen, tankim, ravnim, nigde ne prekinutim, ka ekliptici nagnutim.

Kasnije je kod prstenova otkrivena tamna pukotina, koncentricna sa njegovim krajevima, koja razdvaja prsten na dva dela, ili prstene *A* i *B*. Ona se naziva *Kasinijeva pukotina*, po francuskom naucniku koji ju je prvi otkrio. Zatim su otkrivene Enkeova pukotina, koja je uza, i "paucinasti" prsten, najblizi Saturnu, koji se i najslabije vidi. Zato se govori ne o prstenu vec o Saturnovim *prstenovima*.

Vremenom je postalo jasno da Saturnov prsten nije neprekidan, ne samo u tom smislu da se ne sastoji od jednog prstena.

Vise puta je primeceno da se kroz prstenove vide zvezde i pri tom skoro nista ne gube na sjaju. Znaci, da u prstenovima ima puno praznina i to veoma velikih kroz koje zvezda svetli kao kroz resetkasti prozor. Osim toga posmatrani su Saturnovi sateliti u oblasti gde se nalazila senka prstenova. U senci spoljasnjeg sjajnog prstena satelit se nije video, ali u senci unutrasnjeg prstena sjaj satelita jedva da je nesto oslabio. Znaci da je unutrasnji prsten prilicno prozracan, a da je u spoljnjem veoma malo "vedrine".

Fotografija Saturna koju je kroz 155-centimentarski teleskop napravio 1966.g. Gerard Kuiper sa Mc Donald opservatorije u Teksasu, inace jedan od najpoznatijih "Saturnovih fotografa".



Teorijska istrazivanja stabilnosti prstena, koji je izlozen dejstvu Saturnove sile gravitacije i privlacnoj sili njegovih satelita, su pokazala da bi neprekidan cvrst ili tecan prsten bio unisten tim silama. Takav prsten ne bi mogao da postoji, te prema tome mora da se radi o prstenu koji se sastoji od veoma velikog broja malih "komada", takvih kao sto su meteoridi. Do takvog zakljucka je doslo vise naucnika koji su se bavili ovim problemom.

Konacan i neosporan dokaz za meteoridsku strukturu Saturnovih prstenova dali su Belopoljski (SSSR) i Kiler (SAD). Konkretno Belopoljski, je sasvim ispravno dosao do zakljucka da spektralna analiza moze biti ta koja ce ovde dati zavrsnu rec. Ako je prsten kontinualan i rotira kao kruto telo sa konstantnom ugaonom brzinom, tada ce linearna brzina pojedinih delova prstena rasti proporcionalno njihovom udaljenju od centra Saturna. Ako se prsten sastoji od odvojenih meteorida tada ce se svaki od njih kretati nezavisno od drugih, po svojoj sopstvenoj putanji, kao malecki satelit te planete. U tom slucaju njihova brzina je odredjena Keplerovim zakonima; prema tome unutrasnji delovi prstena imace vecu brzinu od spoljasnjih.

Pomeranje spektralnih linija (prema Doplerovom principu[7]) dozvoljava da se odredi brzina svetlosnog izvora u odnosu na posmatraca. Jedan kraj Saturnovog prstena pri kretanju nam se priblizava dok se drugi udaljuje istom brzinom. Belopoljski je dobio spektar od razlicitih delova prstena i uverio se da je brzina unutrasnjih cestica u prstenu zaista veca (20 *km/s*) u odnosu na brzinu spoljasnjih (16 *km/s*). Sta vise, ispostavilo se da se brzine cestica menjaju bas onako kako to predvidjaju keplerovi zakoni: kvadrati perioda njihovog obilaska uprquno su proporcionalni

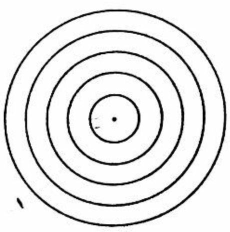
trecem stepenu rastojanja od planete.

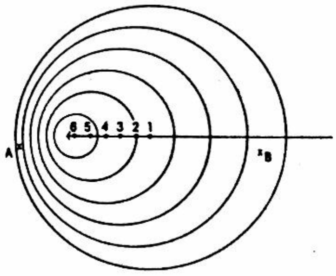
G. Sajn, sa Simeizske opservatorije na Krimu je 1934. godine ponovo istrazivao spektar Saturna, ali sa drugim ciljem. Njega su interesovale dimenzije cestica Saturnovog prstena, koje se dirtektnim metodama ne mogu odrediti. Neka su ti meteoridi precnika cak i nekoliko kolometara, njihovi se diskovi na tako velikom rastojanju, na kojem se Saturn nalazi od Zemlje, ni tada ne bi mogli videti. Oni bi se videli kao svetlucave tackice koje se usled njihove brojnosti i gustine slivaju u jedinstven neprekidan svetleci disk.

Uporedjivanje spektra Saturnovog prstena sa spektrom Sunca pokazalo je da medju tim spektrima nema bitnih razlika. To znaci da su cestice prstena daleko vece od talasne duzine svetlosti, tj. znatno vece od od hiljaditog dela milimetra. Ako bi te cestice bile toliko sicusne da su reda velicine talasne duzine svetlosti, tada bi se od ukupne svetlosti koja sa Sunca "pada" na njih najvise rasejavala plava svetlost. Dakle, plava svetlost bi se vise odbijala od ostale te bi prstenovi imali boju koja je vise plava; plavi deo spektra od njih odbijene svetlosti bio bi intenzivniji nego kod spektra Sunca. Upravo tako se ponasaju cestice vazduha u Zemljinoj atmosferi, usled cega nam nebo i izgleda plavo. Prema rasporedu energije u spektru svetlosti koja se odbija od Saturnovih prstenova, proizilazi da je povrsina od koje se svetlost odbija dosta slicna ledu, ali ne i zamrznutoj ugljenoj kiselini. Dakle, cestice su pokrivene slojem leda ili se cak sastoje od njega.

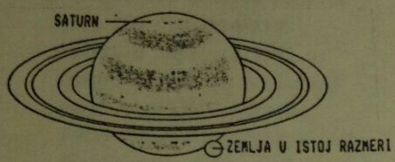
Nazalost, iz pomenutih podataka ne moze se odrediti najveca moguca velicina cestica u Saturnovom prstenu - nema li medju njima takvih koji su slicni obicnim meteoritima koji padaju na Zemlju, ili cak takvih koji su veliki kao mali asteroidi. Izucavanje promene intenziteta sjaja prstenova u zavisnosti od ugla pod kojim ih mi vidimo, dovodi do zakljucka da veliki deo tih cestica bacaju dovoljno duge senke, te prema tome pre imaju razmere meteorita nego li cestica koje daju obicne meteore.

Jedan od naucnika koji se bavio istrazivanjima ovog problema, M. Bobrov, analizirajuci sve podatke optickih i drugih posmatranja, prvobitno je zakljucio da dimenzije meteorida u Saturnovom prstenu iznose u proseku jedan metar. U kasnijim radovima dobio je znatno manje vrednosti - od 0.35 do 35 *mm*. Brzina zagrejavanja cestica prstena posle njihovog izlaska iz senke (koja je kasnije otkrivena) govori u prilog prvog zakljucka. U prilog ovog rezultata govore i rezultati radiolokacije Saturna, koja je prvi put izvrsena 1973. godine. Od same planete nije dobijen povratni signal, dok je intenzitet radiosignala odbijenog od prstenova bio veci no sto se ocekivalo. Odavde je zakljuceno da se prsten sastoji od nezaobljenih i uglastih komada dimenzija reda metra, a mozda i vecih.





Doplerov efekt Izvor svetlosti (ili zvuka) emituje sferne talase. Ako se izvor krece s desna na levo emituje sferne talase iz centra koji se pomice od polozaja 1 ka polozaju 6. Posmatracu u tacki B talasi izgledaju rastegnuti, a posmatracu u A - zbijeni. Kod svetlosnog izvora koji se pomera primecuje ce *crveni pomak* (talasne duzine se povecavaju), a kod izvora koji se priblizava *plavi pomak* (talasne duzine postaju krace). Tako se na osnovu pomaka u spektru dobijenom sa nekog objekta, moze odrediti brzina kojom se on priblizava ili udaljuje u odnosu na posmatraca.



Uporedni prikaz odnosa Zemlje i Saturnovih prstenova, Saturnovi prstenovi, A, B i C ukupno su pet puta siri od Zemljinog precnika,

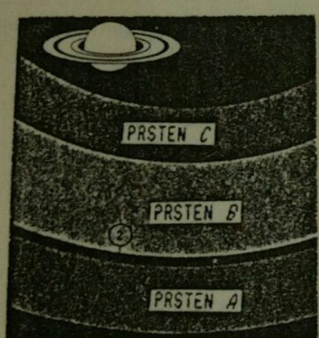
Unutrasnji, paucinasti Saturnov prsten prema Sajnovim podacima je vise plavkast, tj. on ocigledno mora da se sastoji od sicusnih cestica dimenzija reda talasne duzine vidljive svetlosti.

Saturnovi prstenovi su toliko siroki, da bi Zemljina kugla (ciji je precnik 12740 *km*), ako bi se kao po putu kretala po njemu, zauzimala svega jednu petinu ukupne sirine prstenova. Od tri njegova glavna dela - srednji je najsjajniji i najgusci (prsten *B*) i ima sirinu 26000 *km*. Kasinijeva pukotina, koja od prstena *B* odvaja spoljasnji prsten *A* siroka je 5000 *km*, dok je prsten *A* sirok 16000 *km*. Poluprozracni, paucinasti prsten *C* je malog sjaja i kroz njega se moze videti povrsina planete; njegova sirina je 18000 *km*. Sad zamislite da je pri takvoj sirini debljina prstena u granicama izmedju 1.5 i 3 *km*!

Predstava o ukupnoj masi prstena moze se dobiti polazeci od teorije njegove stabilnosti. Masa prstenova nije veca od 1/2 mase Zemljinog Meseca, i verovatno je znatno manja, kako je nadjeno na osnovu posmatranja poremecaja koji su nastli usled uticaja prstena na kretanje Saturnovih satelita. (Prsten i sateliti medjusobno intereaguju gravitacionim silama sto uslovljava poremecaje u njihovom kretanju.)

Zamislite koliko ta nevelika masa odbija vise sunceve svetlosti nego sto bi odbijala da je skoncentrisana u jednoj lopti! Ako bi cetvrtinu Meseceve mase pretvorili u meteoride i razmestili ih u obliku prstena oko Zemlje, dobijali bi na hiljade puta vise svetlosti no sto sada dobojamo od svog satelita.

Kako bi bilo interesantno otici na Saturn i odatle uzivati u njegovim prstenovima!



Tri osnovna Saturnova prstena, Prsten A je sirok 16000 *km*; najsjajniji, prsten B, sirok je 27000 *km*; izmedju njega i planete nalazi se "paucinasti" prsten C, koji se veoma tesko vidi, Prstenovi A i B su razdvojeni Kasinijevom pukotinom [2],

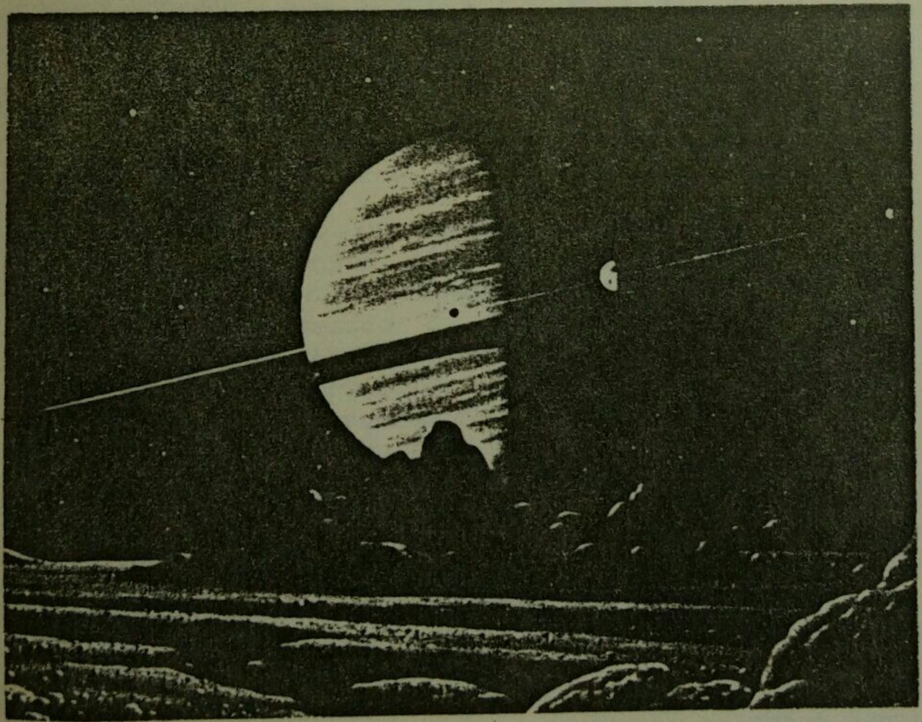
Ali... tu bi nas cekalo neprijatno iznenadjenje. Jer od pola pa do sirine 64° na Saturnu, prstenovi se uopste ne vide, jer su zaklonjeni usled zakrivljenosti same planete, a samo se u ekvatorijalnoj oblasti izmedju sirina -35° i +35° vidi sva sirina prstenova. Ipak, oni se odavde vide pod uglom od svega 12° i manjim, uzdizuci se iznad horizonta slicno dugi; sa samog ekvatora prstenovi se vide duz ivice, u obliku sjajne ali veoma uzane pruge koja prolazi kroz zenit i deli nebo na pola. Ako jos uzmemo u obzir da je jedna strana prstenova osvetljena, a druga tamna, dolazimo do zakljucka da se sa bilo koje polulopte Saturna prsten moze videti samo tokom pola godine. Radi se, naravno, o Saturnovoj godini koja iznosi trideset nasih. Vecim delom u vreme vidljivosti na datoj polulopti prstenovi se vide danju, usled cega gube na lepoti, dok je nocu deo prstena u senci same planete. I na kraju ako se prisetimo da je Saturn stalno okruzen oblacima, neprekidnim pokrivacem koji omotava celu atmosferu, dolazimo do zakljucka da ako bi otisli na Saturn od njegovih prstenova ne bi nista videli. I zato, ako hocete da sto bolje posmatrate meteoridne prstenove

Saturna, niposto ne idite na Saturn! Najbolje bi ih bilo posmatrati sa nekog od Saturnovih satelita, ali opet bi ih videli pod malim uglom, skoro duz ivice.

Mozda je nekada jedan Satrurnov satelit, najblizi njemu, u nameri da mu pridje jos blize, bio kaznjen za svoju drskost tako sto je pretvoren u meteoridni prsten.

Francuski matematicar Ros, je jos 1850. godine dokazao da bi se tecan satelit bilo koje planete, koji bi joj se priblizio vise od nekog kriticnog rastijanja, morao raspasti usled dejstva plimskih sila. Za satelit cija je gustina jednaka gustini planete, ova Rosova granica iznosi 2.44 radiusa planete. Najblizi Saturnov satelit, Mimas, udaljen je od njega 3.11 radiusa planete, a spoljasnji kraj prstena 2.3 Saturnova radiusa. Znaci Saturnov prsten se u potpunosti nalazi unutar Rosove granice, dakle u zoni koja je zabranjena one satelite koji bi da ocuvaju svoj integritet. To potvrdjuje ispravnost Rosove teorije i mogucnost da se prsten formirao na racun raspadanja jednog satelita, koji ili se poceo formirati u ovoj zoni pri nastanku sunceva sistema, te se tako nije mogao ni oformiti, bilo da je u zabranjenu oblast dospeo usled dejstva nekakvih perturbacija, odnosno poremecaja. Primetimo samo da za cvrst satelit Rosova granica znatno manja nego za tecno telo.

1966. godine je otkriven najsiri spoljasnji Saturnov prsten, tzv. prsten *D*. Njegove dimenzije su dva puta vece od dimenzija do tada poznatog sistema prstenova. Ali, taj je prsten veoma razredjen. Satelit

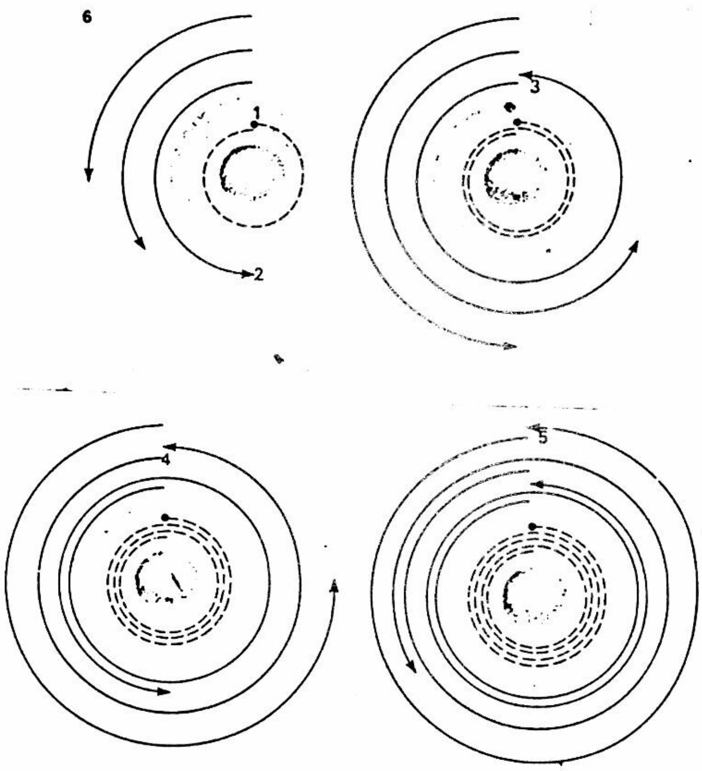


Crtez predstavlja kako bi izgledao Saturn sa Ree, (sestog po udaljenosti Saturnovog satelita), Posto se prakticno krece u ravni Saturnova ekvatore (po kojoj se krecu i meteoridi u prstenu), prsten se vidi kao tanka sjajna linija, Posmatrac sa ovog satelita ne bi mogao da vidi Kasinijevu pukotinu,

Janus, koji je otkriven 1966. godine i jos dalji satelit Encelad, se krecu unutar prstena *D*, kao u nekoj otporenoj sredini, Mimas samo preseca prsten *D*, jer mu je orbita nagnuta u odnosu na ravan prstenova. Ovi podaci se slazu sa zadnjom nasom primedbom koja se tice Rosove granice.

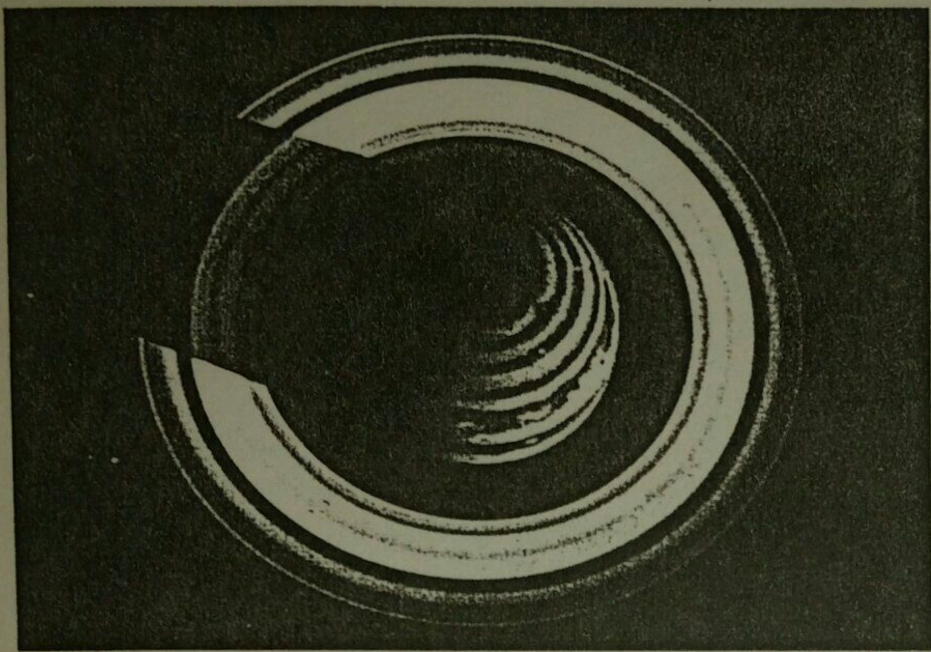
Pukotine u prstenovima su se obrazovale usled perturbacija (poremecaja) kretanja meteoridnih cestica u promenljivom gravitacionom polju Saturnova sistema (usled kretanja njegovih satelita i njihovog gravitacionog uticaja na cestice prstena).

Najvecu pukotinu izmedju Saturnovih prstenova otkrio je Kasini [*cassini*], 1675.g. Ova pukotina je uslovljena gravitacionim uticajem tri unutrasnja Saturnova satelita. Cestica koja bi se kretala u kasinijevoj pukotini [1] imala bi period dva puta manji od satelita Minosa [2], tako da bi cestica tada realizovala dve revolucije za vreme dok Mimas samo jednom obidje oko Saturna [3]. Tokom perioda za koji sledeci satelit, Enceladus, obidje jednom obidje oko Saturna, doticna cestica bi imala dve svoje revolucije, tj. za isto vreme bi dva puta obisla Saturn [4], dok jednoj revuluciji satelita Tetisa [5] odgovaraju cetiri obilaska cestice. Usled toga su orbite cesice, koje bi odgovarale pukotini nestabilne, te je samim tim i "naseljenost" cesticama ovog podrucja znatno smanjena.



Tamo gde je period kretanja cestica oko Saturna samerljiv sa periodom nekog od unutrasnjih satelita, perturbacije su posebno velike, usled cega su orbite cestica <u>nestabilne</u>. U oblastima gde periodi kretanja cestica oko Saturna (periodi revolucije) cine 1/2, 1/3 ili 1/4 od perioda revolucije blizih satelita cestice se veoma kratko zadrzavaju i njihovih orbita prakticno i nema u ovim oblastima, pa prema tome tu nema ni samih cestica; tu se obrazuju praznine - pukotine. takvi se "procepi" formiraju i upojasu asteroida, u zavisnosti odnosa perioda njihovog obilaska oko Sunca prema periodu revolucije Jupitera.

Kasinijeva pukotina u Saturnovim prstenovima odgovara periodima obilaska koji odgovaraju 1/2 perioda revolucije Mimasa, 1/3 i 1/4 perioda dva sledeca saturnova satelita. Analogni odnosi postoje i za sve druge pukotine u prstenu.



Podaci dobijeni zadnjih godina uz pomoc kosmickih sondi, predocavaju nam svu slozenost strukture Saturnovih prstenova, Osim Kasinijeve i Enkeove pukotine i tri (odnosno cetiri) osnovna prstena, postoji jos veliki broj manjih pukotina; osnovni prstenovi njima su prakticno izdeljeni na manje "podprstenove", Slika levo je kompjuterska simulacija,

ILUSTRACIJE

Str. 2, 4, 6, 7, 8 i 9:
THE JOY OF KNOWLEDGE ENCYCLOPAEDIA
Mitchell Beazley London Ltd. 1980.

Str. 11:
Carl Sagan KOZMOS
"Otokar Kersovani" Rijeka, 1982.

Str. 5:
Voroncov-Veljaminov OCERKI O VSELJENOJ
"Nauka" Moskva, 1976.

Realizacija: Jasna Klicic, Natasa Djeric

Obradjeno u Racunarsskom centru Istrazivacke stanice Petnica